

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



29/III-77

P15 - 10684

A-131

В.М.Абазов, В.С.Бутцев, Ю.К.Гаврилов, В.Пресперин,
Д.Чултэм

3409/2-77

ПОГЛОЩЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ
ЯДРАМИ ВИСМУТА, СВИНЦА И ТАЛЛИЯ

1977

P15 - 10684

В.М.Абазов, В.С.Бутцев, Ю.К.Гаврилов, В.Пресперин,
Д.Чултэм

ПОГЛОЩЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ
ЯДРАМИ ВИСМУТА, СВИНЦА И ТАЛЛИЯ

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Абазов В.М. и др.

P15 - 10684

Поглощение отрицательных пионов ядрами висмута, свинца и таллия

Экспериментально исследовано образование различных изотопов и изомеров при поглощении остановившихся отрицательных пионов ядрами висмута, свинца и таллия.

Показано, что число $n\bar{p}$ -кластеров на поверхности тяжелых ядер намного больше числа $p\bar{p}$ -кластеров.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Abazov V.M. et al.

P15 - 10684

Absorption of Negative Pions by Bismuth, Lead and Thallium Nuclei

Production of different isotopes and isomers in absorption of stopped negative pions by bismuth, lead and thallium nuclei is experimentally investigated. It is shown that the number of $n\bar{p}$ clusters on the surface of heavy nuclei is considerably greater than that of $p\bar{p}$ clusters.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

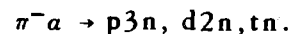
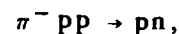
1. Введение

В наших предыдущих работах^{1,2/} сообщались результаты исследования эмиссии нейтронов в реакциях $\text{Bi} + \pi^-$ и $\text{Pb} + \pi^-$.

В настоящей работе рассматривается, помимо эмиссии нейтронов, и вылет заряженных частиц. Кроме того, впервые сообщаются результаты исследования реакции $\text{Tl} + \pi^-$. Данные о выходах различных изотопов и возбуждение высокоспиновых изомеров обсуждаются в рамках представления кластерной структуры ядра.

2. Идентификация продуктов реакции

Результаты идентификации изотопов, образовавшихся при поглощении пионов в исследуемых мишенях, собраны в табл. 1-3, а типичные спектры гамма-лучей приведены на рис. 1-3. Из таблиц видно, что число испускаемых нуклонов достигает 15. Четко идентифицированы ядра с зарядом на две единицы меньше, чем у ядра-мишени, что свидетельствует о существовании таких каналов реакции, когда из ядра наряду с нейтроном вылетает один протон. Естественно, методика идентификации остаточных ядер не позволяет отличить случаи испускания заряженных частиц p , d , t в реакциях



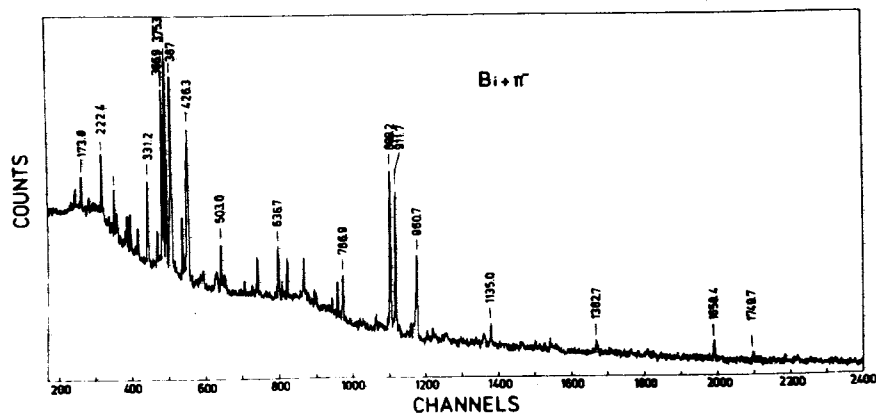


Рис. 1. Спектр гамма-лучей изотопов, образующихся в реакции $Bi + \pi^-$.

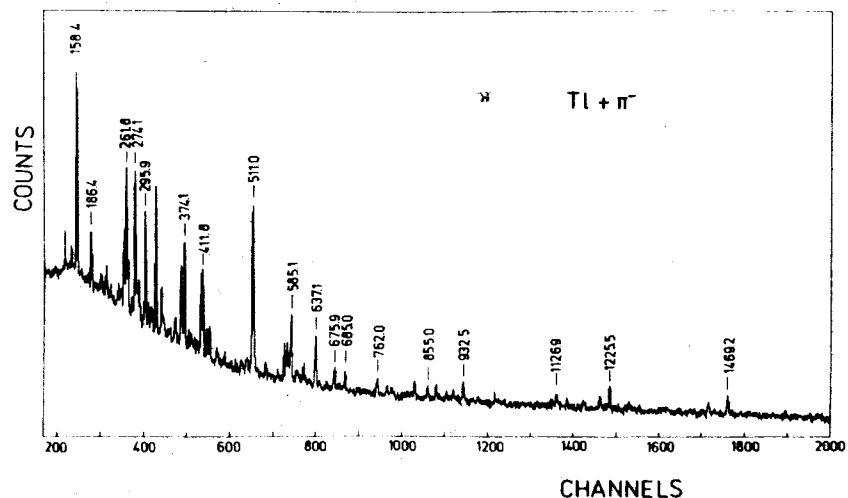


Рис. 3. Спектр гамма-лучей изотопов, образующихся в реакции $Tl + \pi^-$.

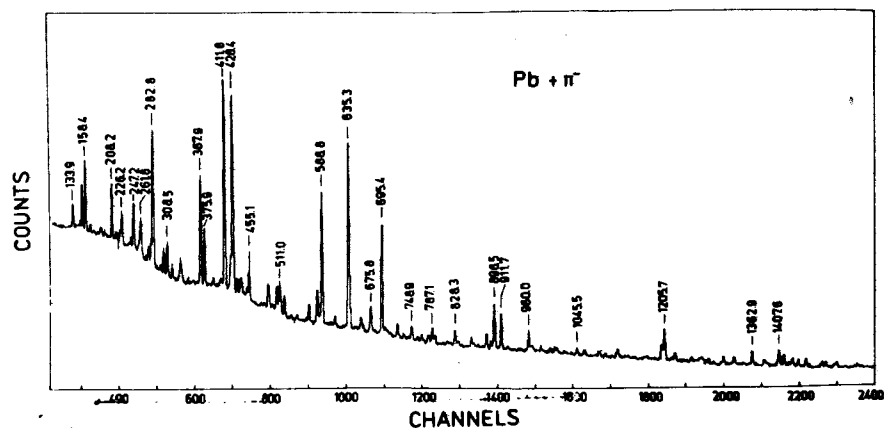


Рис. 2. Спектр гамма-лучей изотопов, образующихся в реакции $Pb + \pi^-$.

Мы устанавливаем лишь тот факт, что из ядра вылетели либо одни нейтроны и образовалось ядро с зарядом $Z-1$, либо вылетела еще одна частица с положительным зарядом и образовалось ядро с зарядом $Z-2$.

Однако данные о спектрах протонов и вероятности вылета дейтронов и тритонов /13/ свидетельствуют об относительно малой роли α -частичного механизма по сравнению с квазидейтронным. Кроме того, достаточно большой кулоновский барьер у ядер в исследуемой области дает основания считать, что вылет заряженных частиц на стадии испарительного процесса невозможен.

3. Высокоспиновые изомеры

В работах /3,4/ было показано, что возбуждение высокоспиновых ядерных состояний при поглощении пиона наблюдается не только в ядрах с зарядом $Z-1$, но и в ядрах с зарядом $Z-2$.

Поскольку высокоспиновые состояния ядер с зарядом $Z-2$ могут быть заселены еще в результате β^+ -рас-

пада, то вывод о независимости возбуждения таких состояний от зарядового состава испускаемых частиц делался весьма косвенно, а именно, в результате исследования изменения скорости распада этих ядер.

В настоящей работе на основании идентификации высокоспиновых изомеров ^{200m}Au , ^{198m}Au , ^{196m}Au ($J^\pi = 12^-$) среди продуктов реакции $\text{Tl} + \pi^-$ наиболее наглядным образом показана справедливость вышесказанного утверждения. Эти изомеры сами испытывают β^- -распад, и поэтому они могли образоваться только в реакции $\text{Tl}(\pi^-, \text{p}\pi)$. Этот факт позволяет нам глубже понять некоторые детали ядерного поглощения пиона.

а/ Если захват пиона происходит квазидейтронной $\text{p}\pi$ -парой, то энергия пиона поровну передается протону и нейтрону. Когда из ядра вылетает быстрый протон, а нейтрон "застревает" в нем, то остаточное ядро с зарядом $Z-2$ приобретает большой угловой момент. Эта ситуация аналогична случаю, когда пион захватывается $\text{p}\pi$ -парой и один из быстрых нейтронов вылетает из ядра с $Z-1$ и закручивает его. Если же в реакции $\pi^- \text{p}\pi \rightarrow \text{p}\pi$ вылетает нейтрон, а протон остается в ядре, то остаточное ядро также будет иметь большой угловой момент, но его заряд остается равным $Z-1$.

б/ Что касается α -частичного механизма поглощения, то энергетический спектр протонов будет значительно мягче, чем при квазидейтронном поглощении, так как энергия $\approx 140 \text{ МэВ}$ распределяется между четырьмя частицами $\text{p}\pi$. По-видимому, эти нуклоны, вылетая из ядра, не смогут закрутить его до больших угловых моментов, т.е. альфа-частичный механизм не может играть большой роли в возбуждении высокоспиновых состояний ядра.

4. "Изобарное отношение" и текстура ядерной поверхности

Изобарным отношением мы называем отношение независимых выходов /сечений образования/ двух изобарных ядер.

В настоящей работе определялось отношение сечений образования изотопов ^{200}Pb и ^{200}Tl в результате реакций $\text{Bi}(\pi^-, 9\text{n})$ и $\text{Bi}(\pi^-, \text{p}8\text{n})$.

Поскольку изотопы ^{200}Pb и ^{200}Tl имеют достаточно большие /21,5 и 26,1 часа соответственно/ периоды полураспада, спектр гамма-лучей облученной пионами висмутовой мишени через десятки часов содержит преимущественно линии этих изотопов /рис. 4/.

На основании уравнения Батемана-Рубинсона^{/5/} может быть получено следующее равенство:

$$\frac{F_2}{F_1} \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} + \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} \right) = \frac{I_2}{I_1} + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}.$$

Здесь

$$F_i = \lambda_i^{-1} (1 - e^{-\lambda_i t_1}) e^{-\lambda_i t_2} (1 - e^{-\lambda_i t_3});$$

$$I_i = S_i / f_i K_i \epsilon_i$$

/ $i=1$ - случай ^{200}Pb , а $i=2$ - случай ^{200}Tl /; s - площадь фотопика гамма-линии; f , K , ϵ - соответствующие значения квантового выхода, коэффициента самопоглощения и эффективности регистрации; t_1 , t_2 , t_3 - времена облучения, охлаждения и измерения.

Наклонная прямая на рис. 5 представляет собой зависимость σ_2 / σ_1 от I_2 / I_1 в случае ^{200}Tl и ^{200}Pb при $t_1 = 10 \text{ ч}$, $t_2 = 18 \text{ ч}$ и $t_3 = 0,5 \text{ ч}$, выбранных в эксперименте.

Вертикальные отрезки прямых показывают экспериментальные значения I_2 / I_1 и их статистические веса.

20 значений I_2 / I_1 получены для всевозможных комбинаций четырех γ -линий ^{200}Pb и пяти γ -линий ^{200}Tl /рис. 4/.

А статистические веса отдельных значений I_2 / I_1

определены как $W = \sqrt{\frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2}}$. Стрелками показаны наиболее

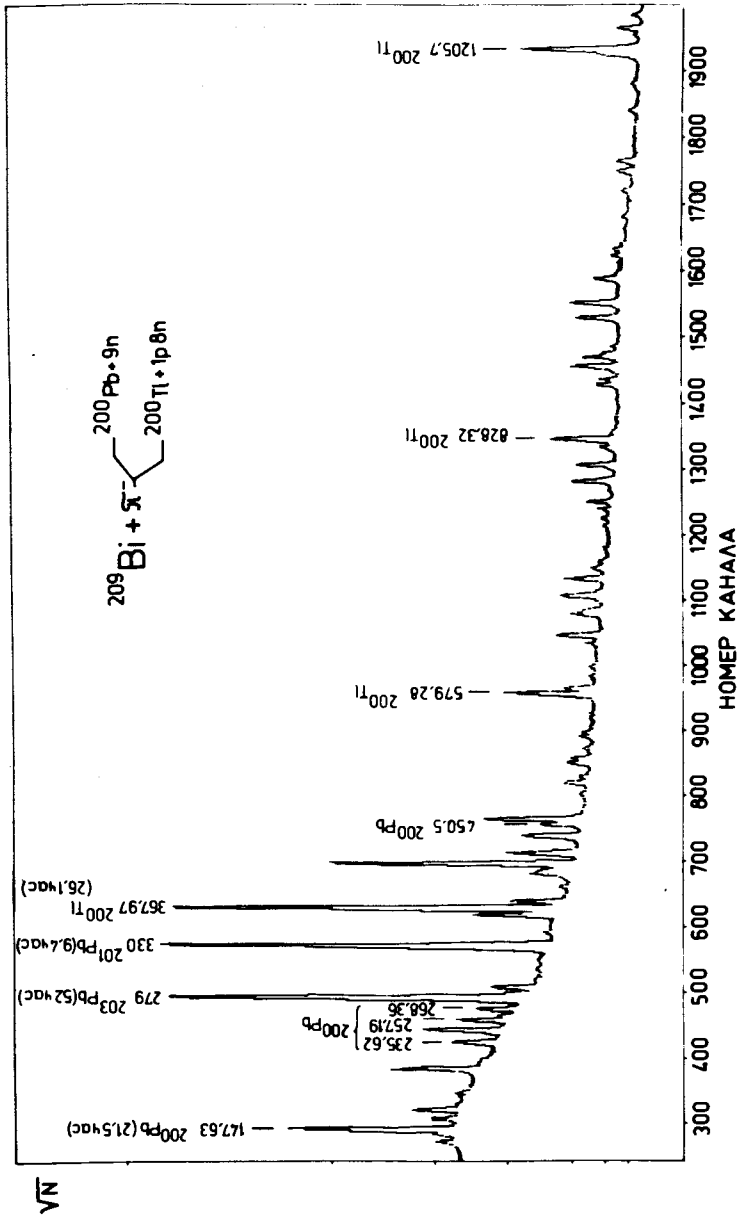


Рис. 4. Спектр гамма-лучей висмутовой мишени / $t_1 = 10$ ч, $t_2 = 18$ ч, $t_3 = 0,5$ ч/.

лее вероятное и среднее взвешенное значения I_2/I_1 . Соответствующие значения изобарного отношения $\Psi = \sigma_1/\sigma_2$ равны $/4,0 \pm 1,0/$ и $/11,0 \pm 5,6/$. Это означает, что доминирующим каналом реакции поглощения пиона тяжелыми ядрами является испускание нейтронов.

Для того, чтобы связать полученное изобарное отношение со структурой поверхности ядра, рассмотрим основные каналы реакции, приводящие в образованию ^{200}Pb и ^{200}Tl .

Изотоп ^{200}Pb может образоваться в следующих процессах:

- $\pi^- \text{ пр} \rightarrow \text{пп}$ и поглощение одного из нейтронов, /1/
- $\pi^- \text{ пр} \rightarrow \text{рп}$ и поглощение протона, /2/
- $\pi^- \text{ пр} \rightarrow \text{рп}$ и перезарядка вылетающего протона, /3/
- $\pi^- \alpha \rightarrow \text{р}3\text{n}, \text{d}2\text{n}, \text{tn}$ и поглощение $\text{p}, \text{d}, \text{t}$. /4/

А изотоп ^{200}Tl может образоваться в процессах:

- $\pi^- \text{ пр} \rightarrow \text{рп}$ и поглощение нейтрона, /5/
- $\pi^- \text{ пр} \rightarrow \text{пн}$ и перезарядка вылетающего нейтрона, /6/
- $\pi^- \text{ пр} \rightarrow \text{пн}$ и подхват протона вылетающим нейтроном, /7/
- $\pi^- \alpha \rightarrow \text{р}3\text{n}, \text{d}2\text{n}, \text{tn}$ и вылет $\text{p}, \text{d}, \text{t}$. /8/

Термин "поглощение" во вторичных взаимодействиях включает как внутриядерный каскад, так и испарительный процесс, при которых происходит эмиссия 8 нейтронов. Процессы /4/ и /8/ имеют относительно малую вероятность. Это следует из того, что основную часть заряженных частиц при π -захвате составляют протоны /13/, которые, по всей вероятности, являются продуктами квазидейтронной реакции. Вероятность внутреннего подхвата протона /реакция /7// по той же причине можно считать малой величиной. Процессы перезарядки /реакции /3/ и /6// также играют незначительную роль.

Таким образом, принимая во внимание только реакции /1/, /2/ и /5/, мы можем установить связь между экспериментальным изобарным отношением Ψ и отношением количеств пр - и рр -кластеров на поверхности ядра:

$$R = \frac{N_{\text{пр}}}{N_{\text{рр}}} = \frac{\Psi - 1}{2}.$$

Для R , как и для Ψ , мы имеем два значения: наиболее вероятное - $/1,5 \pm 0,5/$ и среднее взвешенное - $/5,0 \pm 2,8/$.

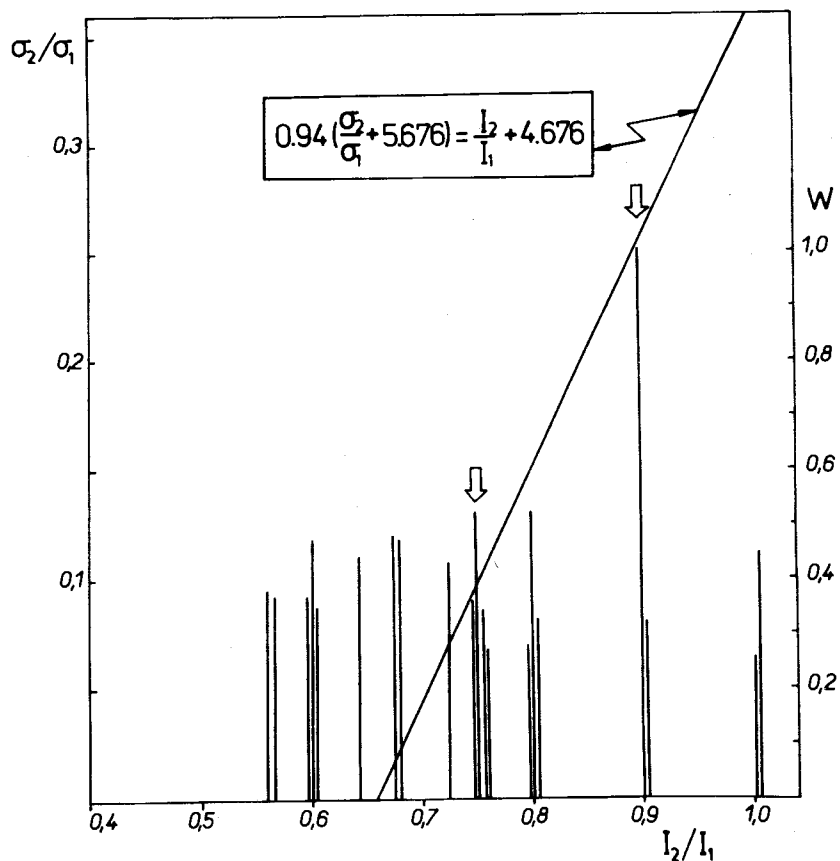


Рис. 5. Зависимость отношения σ_2/σ_1 независимых выходов ^{200}Tl и ^{200}Pb в реакции $\text{Bi} + \pi^-$ от отношения их кумулятивных выходов I_2/I_1 .

5. Обсуждение результатов

5.1. Одним из выводов, вытекающих из результатов проведенного эксперимента, является независимое подтверждение существования дипротонных кластеров на ядерной поверхности /пункт 3/. Полученный результат

согласуется с данными В.И.Комарова и других /6/, наблюдавших вылет коррелированных пар протонов под малыми углами при взаимодействии протонов высокой энергии с ядром. Этот вывод совпадает также с известной интерпретацией вылета высокоэнергетических Σ^0 -гиперонов при захвате отрицательных каонов ядром /7/ как результата реакции $\text{K}^- \text{pp} \rightarrow \Sigma^+ \text{n}$ и $\text{K}^- \text{pp} \rightarrow \Sigma^0 \text{n}$ /безмезонное поглощение/.

5.2. Другим важным выводом эксперимента является обнаружение преимущественного обогащения поверхности тяжелого ядра пр-кластерами по сравнению с рр-кластерами. Это явление хорошо известно для легких ядер /8-12/. В области тяжелых ядер имеются только весьма неточные данные для Pb: $R = 4,7 \pm 4,7$ /11/. В литературе сообщалось /14/, что для тяжелых ядер некоторые исследователи получили $R \ll 1$. В табл. 4 собраны все известные нам экспериментальные данные.

Мы видим, что легкие и тяжелые ядра несильно различаются по величине R. Отметим, что теоретические оценки /15-21/ этой величины весьма противоречивы и колеблются в пределах от 0,3 до 5,0.

В работе /22/ дана формула: $R = 5N/Z$,

где N - число нейтронов,
Z - число протонов в ядре.

Согласно этой формуле для ^{209}Bi $R \approx 7,7$. Это значение не противоречит результату нашего эксперимента: $R = 5,0 \pm 2,8$.

Авторы благодарны профессорам В.П.Джелепову, Л.И.Лалидусу, К.Я.Громову, С.М.Поликанову за поддержку эксперимента.

Bi + π⁻

Таблица 1

12

| A | Pb | | | | Tl | | |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|--------------------------------------|--|
| | T _{1/2} | J ^π | E _γ /кэВ/ | | T _{1/2} | J ^π | E _γ /кэВ/ |
| 204 m g | 66.9 мин | 9 ⁻ 0 ⁺ | 289.3 374.7 899.2 911.7 | | 38 лет | 2 ⁻ | |
| 203 m g | 6.1 сек 52.1 час | 13/2 ⁺ 3/2 ⁻ | 820.1 825.2 279.2 401.3 680.7 | | ∞ | 1/2 ⁺ | |
| 202 m g | 362 час 3 × 10 ⁵ лет | 9 ⁻ 0 ⁺ | 148.6 211.9 240.8 389.9 422.1 459.7 490.5 657.5 786.9 960.7 | | 0.5 нсек 12 дн | 7 ⁺ 2 ⁻ | 440.2 509.8 521.5 |
| 201 m g | 61 сек 9.4 час | 13/2 ⁺ 5/2 ⁻ | 629 331.2 361.3 584.5 692.3 767.3 803.7 826.2 907.5 945.8 1069.9 1088.8 1098.5 1148.4 1157.7 1238.7 1277.2 1308.5 | | 21 мсек 73.5 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁻ | 135.3 167.4 |
| 200 m g | 215 час | 0 ⁺ | 147.6 161.3 235.6 257.2 268.4 289.9 302.9 | | 37 мсек 26.1 час | 7 ⁺ 2 ⁻ | 367.9 579.3 661.4 828.3 886.2 1205.7 1225.5 1273.5 1362.9 1407.6 |
| 199 m g | 12.2 мин 90 мин | 13/2 ⁺ 5/2 ⁻ | 424.0 353.4 366.9 510.9 720.2 753.9 7с 781.5 838.7 874.8 937.9 1005.1 1029. 1048.1 1052.7 1115.1 1121.0 1135.0 1161. 1171.0 1239.0 1358.6 1382.7 1401.9 1502.0 1610.7 1658.4 1749.7 | | 1.7 мсек 7.4 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁺ | 158.4 195.1 208.2 247.2 455.1 |
| 198 m g | — 2.4 час | 0 ⁺ | 173.4 259.5 290.3 467.8 575.0 605.9 649.0 74.30 865.3 | | 1.87 час 5.3 час | 7 ⁺ 2 ⁻ | 282.8 411.8 489.6 519.2 587.2 636.7 767.3 234.8 331.6 411.8 636.7 675.8 759.6 798.7 1007.6 1045.5 1086.7 1200.6 1312.2 1420.6 1435.4 1447.0 1489.6 1593.6 1720.8 1856.0 1859.0 2040.2 |

Bi + π⁻

Таблица 1 /продолжение/

13

| | | | | | | | |
|------------|---------------------|---------------------------------------|--|--|----------------------|--------------------------------------|---|
| 197 m g | 42 мин << 42 мин | 13/2 ⁺ 3/2 ⁻ | 222.4 290.4 375.3 385.6 558.0 695.0 722.0 761.0 773.0 872.3 895.1 957.0 1261.0 1285.0 387 | | 0.54 сек 2.84 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁺ | 152.2 173.8 308.5 426.0 433.1 578.3 585.0 791.0 1011.0 |
| 196 m g | 37 мин | 0 ⁺ | 191.8 240.3 253.2 494.0 503.0 | | 1.41 час 1.84 час | 7 ⁺ 2 ⁻ | 222.9 301.5 426.3 505.2 588.8 635.3 695.4 723.5 426.3 495.8 610.6 635.3 862.1 964.8 1024.8 1036.4 1388.7 1434.4 1496.1 1552.8 1622.5 2010.8 |

Pb + π⁻

Таблица 2

| A | Tl | | | Hg | | |
|------------|-----------------------|--------------------------------------|--|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| | T _{1/2} | J [*] | E _γ /кэВ/ | T _{1/2} | J [*] | E _γ /кэВ/ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 202 m g | 0.5 мсек 12.0 гн. | 7 ⁺ 2 ⁻ | 440.2 509.8 960.0 | ∞ | 0 ⁺ | |
| 201 m g | 2.1 мсек 73.5 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁻ | 135.3 167.4 | ∞ | 3/2 ⁻ | |
| 200 m g | 37 мсек 26.1 час | 7 ⁺ 2 ⁻ | 252.0 289.4 309.2 367.9 476.8 579.3 661.4 701.6 711.8 783.6 787.1 828.3 886.2 898.5 1205.7 1225.5 1254.1 1262.9 1273.5 1362.9 1407.6 1514.9 | ∞ | 0 ⁺ | |
| 199 m g | 29 мсек 7.4 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁺ | 158.4 195.1 208.2 247.2 284.0 333.9 403.5 419.3 455.1 | 43 мин. ∞ | 13/2 ⁺ 1/2 ⁻ | 158.4 374.1 |
| 198 m g | 1.87 час 5.3 час | 7 ⁺ 2 ⁻ | 215.6 226.2 259.6 260.0 274.0 282.8 375.9 390.4 411.8 422.2 423.3 441.8 489.6 519.2 541.0 587.2 636.7 767.3 331.6 411.8 636.7 675.8 759.6 | ∞ | 0 ⁺ | |
| 197 m g | 0.54 мсек 2.84 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁺ | 133.9 152.2 173.8 269.6 308.5 426.0 433.1 451.8 578.3 791.0 857.0 | 23.8 час 64.1 час | 13/2 ⁺ 1/2 ⁻ | 133.9 278.9 77.4 |
| 196 m g | 1.41 час 1.84 час | 7 ⁺ 2 ⁻ | 222.9 301.5 344.9 426.3 505.2 588.8 635.3 695.4 723.5 426.3 610.6 635.3 862.1 964.8 1024.8 1036.4 1388.7 1434.4 1496.1 1552.8 1622.5 | ∞ | 0 ⁺ | |

Pb + π⁻

Таблица 2 /продолжение/

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|--------------------|--------------------------------------|--|-------------------|---------------------------------------|---|
| 195 m g | 36 сек 1.16 час | 9/2 ⁻ 1/2 ⁺ | 225.8 242.1 247.3 279.0 562.0 | 40 час 9.5 час | 13/2 ⁺ 1/2 ⁻ | 261.8 207.1 261.8 585.1 779.8 |
| 194 m g | 32.8 мин 33 мин | 7 ⁺ 2 ⁻ | 209.7 228.4 428.4 636.8 734.7 748.9 428.4 636.8 734.7 748.9 | 1.3 года | 0 ⁺ | |
| 193 m g | 2.11 мин 23 мин | 9/2 ⁻ 1/2 ⁺ | | 11.1 час 3 час | 13/2 ⁺ 3/2 ⁻ | 186.4 218.0 219.7 258.0 382.6 394.1 407.7 499.8 535.6 537.6 573.2 932.5 186.8 574.0 762.0 855.0 |
| 192 m g | 11 мин 9.5 мин | 7 ⁺ 2 ⁻ | | 4.9 час | 0 ⁺ | 157.2 186.4 274.8 |

| A | Hg | | | Au | | |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|--|----------------------|---------------------------------------|---|
| | T _{1/2} | J ^x | E _γ /кэВ/ | T _{1/2} | J ^x | E _γ /кэВ/ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 201 ^m g | ∞ | 3/2 ⁻ | | 264 мин | — | 135.3 1674 5170 542.6 613.2 |
| 200 ^m g | ∞ | 0 ⁺ | | 18.7 час 484 мин | 12 ⁻ 1 ⁻ | 1461 2185 2559 332.8 3680 4978 5793 7595 3679 12255 12630 |
| 199 ^m g | 42.6 мин ∞ | 13/2 ⁺ 1/2 ⁻ | 158.4 374.1 | 313 гн. | 3/2 ⁺ | 1584 208.2 |
| 198 ^m g | ∞ | 0 ⁺ | | 2.27 гн. 2.69 гн. | 12 ⁻ 2 ⁻ | 1803 204.1 214.9 333.8 411.8 675.9 |
| 197 ^m g | 23.8 час 64.1 час | 13/2 ⁺ 1/2 ⁻ | 1339 2789 77.4 | 72 сек ∞ | 11/2 ⁻ 3/2 ⁺ | |
| 196 ^m g | ∞ | 0 ⁺ | | 97 час 618 гн. | 12 ⁻ 2 ⁻ | 1376 147.7 168.3 264.0 285.5 316.2 |
| 195 ^m g | 40 час 9.5 час | 13/2 ⁺ 1/2 ⁻ | 2070 261.8 279.2 318.5 368.4 386.3 3879 452.0 467.3 560.2 1801 207.1 241.5 261.8 439.5 585.1 599.7 779.8 841.2 1111.0 1172.4 | 305 сек 183 гн. | 11/2 ⁻ 3/2 ⁺ | |
| 194 ^m g | 0.4 сек 1.3 лет | 0 ⁺ | | 395 час | 1 ⁻ | 2936 328.5 |
| 193 ^m g | 11.1 час 3 час | 13/2 ⁺ 3/2 ⁻ | 186.4 218.0 219.7 258.0 290.7 341.8 345.4 364.3 382.6 394.1 407.7 499.8 535.6 537.6 573.2 877.7 913.1 932.5 186.8 574.0 762.0 855.0 | 39 сек 17.6 час | 11/2 ⁻ 3/2 ⁺ | 173.5 186.2 268.2 439.0 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------|----------|-------------------|--|---------------------|---------------------------------------|---|
| 192 ^m g | 4.9 час | 0 ⁺ | | 50 час | 1 ⁻ | 2959 308.5 316.5 468.0 477.2 593.3 604.3 612.4 878.7 1061.5 1126.9 1140.2 1422.9 1576.7 |
| 191 ^m g | 50.8 мин | 13/2 ⁺ | 224.9 241.4 252.6 274.1 331.6 357.0 371.0 409.7 420.3 536.1 578.7 | 0.92 сек 3.2 час | 11/2 ⁻ 3/2 ⁺ | 136.1 158.8 166.5 206.4 284.0 368.7 408.3 421.5 478.8 487.5 586.4 674.2 |

Таблица 4

Экспериментальные данные об отношении вероятностей поглощения пиона pp^- и pp -кластерами

| Ядро | $R = N_{pp^-} / N_{pp}$ | Ссылка |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| ${}^7\text{Li}$ | $3,7 \pm 1,0$ | /11/ |
| ${}^9\text{Be}$ | $3,3 \pm 0,9$ | /11/ |
| ${}^{10}\text{B}$ | $2,3 \pm 0,8$ | /11/ |
| ${}^{11}\text{B}$ | $4,4 \pm 1,3$ | /11/ |
| C | $5,0 \pm 1,5$ | /8/ |
| | $2,3 \pm 4,0$ | /9/ |
| | $4,0 \pm 1,3$ | /10/ |
| | $2,5 \pm 1,0$ | /11/ |
| | $2,6 \pm 0,3$ | /12/ |
| N | $3,7 \pm 1,1$ | /11/ |
| | $3,15 \pm 1,1$ | /12/ |
| O | $3,8 \pm 1,0$ | /11/ |
| Al | $3,9 \pm 1,2$ | /8/ |
| | $2,4 \pm 0,9$ | /11/ |
| Cu | $2,0 \pm 1,4$ | /11/ |
| Pb | $4,7 \pm 4,7$ | /11/ |
| Bi | $1,5 \pm 0,5$ | наиболее вероятное наст. работа |
| | $5,0 \pm 2,8$ | среднее взвешенное |

Литература

1. Бутцев В.С. и др. Письма в ЖЭТФ, 1975, т.21, с.400.
2. Бутцев В.С. и др. ЯФ, 1976, т.23, с.17.
3. Abazov V.M. e.a. Nucl. Phys., 1976, A274, p.463.

4. Butsev V.S. e.a. JINR, E15-10210, Dubna, 1976; Submitted to Nucl. Phys.
5. Bateman H. Proc. Cambridge Phil. Soc., 1910, 15, p.423; Rubinson W. J. Chem. Phys., 1949, 17, p.542.
6. Komarov V.I. e.a. JINR, E1-9460, Dubna, 1976.
7. Jones G.A. Rep. Prog. Phys., 1970, 33, p.645.
8. Ozaki S. e.a. Phys. Rev. Lett., 1960, 4, p.533.
9. Демидов В.С. и др. ЖЭТФ, 1963, 44, с.144.
10. Федотов П.И. ЯФ, 1965, 2, с.466.
11. Nordberg M.E., Kinsey K.F., Burman R.L. Phys. Rev., 1968, 165, p.1096.
12. Massue J.P. Thèse-ès-Sciences, Strasburg, 1970.
13. Бюдяшов Ю.Г. и др. ЖЭТФ, 1972, 62, с.21.
14. Engerthardt D. In: Mesonic Effects in Nuclear Structure, Proc. of the Conference in Memoriam Klaus Erkelenz, Bonn, 1974, p.34.
15. Ammiraju P., Biswas S.N. Nuovo Cim., 1960, 17, p.726.
16. Huguenin P. Nucl. Phys., 1963, 41, p.534.
17. Jibuti R.I., Kopaleishvili T.I. Nucl. Phys., 1964, 55, p.337.
18. Kopaleishvili T.I. Nucl. Phys., 1967, B1, p.335.
19. Eisenberg J.M., Le Tourneux J. Nucl. Phys., 1967, B3, p.47.
20. Guy R., Eisenberg J.M., Le Tourneux J. Nucl. Phys., 1968., A112, p.689.
21. Cheon I.T. Phys. Lett., 1968, 26B, p.549.
22. Harp G.D. e.a. Phys. Rev., 1973, C8, p.581.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 мая 1977 года.